

Разработанный алгоритм решения данной задачи представляет особый интерес для определения оптимальной траектории перемещения людей в условиях ликвидации последствий аварии на радиационно-загрязненной территории. Исходными для оптимизации перемещений в радиационных полях могут служить данные, полученные в результате радиационного обследования территории, либо моделирования радиационных полей с помощью специализированных программ.

Для решения задачи минимизация облучения при проведении работ по демонтажу оборудования энергоблоков АЭС, выводимых из эксплуатации, разработан оригинальный алгоритм построения функции Беллмана и программная реализация процедуры метода динамического программирования. Формулировкой этой задачи является определение оптимальной последовательности демонтажа радиоактивных объектов с целью минимизации облучения персонала.

Вычислительные эксперименты, в том числе с использованием суперкомпьютера «Уран», показывают эффективность разработанной программы. Оптимизация траектории перемещения в радиационных полях позволяет снизить «транзитную» дозу облучения примерно на 20 %. Оптимизация последовательности демонтажа позволяет снизить дозы облучения персонала на 25...40 %. Оптимизация траектории движения персонала в радиационно-опасных зонах и последовательности демонтажа радиационно-загрязненного оборудования имеют значительный потенциал в минимизации облучения персонала.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 13-08-00643 и 13-01-96022).

Библиографический список

1. Коробкин В.В., Сесекин А.Н., Ташлыков О.Л., Ченцов А.Г. Методы маршрутизации и их приложения в задачах повышения эффективности и безопасности эксплуатации атомных станций / под общ. ред. чл.-корр. РАН И.А. Каляева: монография. М.: Новые технологии, 2012. 234 с.
2. Chentsov A.G., Seseikin A.N., Shcheklein A.N., Tashlykov O.L. On One Modification of Traveling Salesman Problem Oriented on Application in Atomic Engineering. American Institute of Physics // Conference Proceeding. 2010. Vol. 1293. P. 197-202.
3. Ташлыков О.Л., Сесекин А.Н., Щеклеин С.Е., Балускин Ф.А., Ченцов А.Г., Хомяков А.П. Возможности математических методов моделирования в решении проблемы снижения облучаемости персонала // Вопросы радиационной безопасности. 2009. № 4. С. 47-57.

МИНИ-ТЭЦ НА ВОЗОБНОВЛЯЕМОМ ТОПЛИВЕ – СВАЛОЧНОМ БИОГАЗЕ

*Бодрова Е.С., Нараева Р.Р.
Южно-Уральский государственный университет
Lennok13@mail.ru*

По данным Министерства по радиационной и экологической безопасности и экологии Челябинской области, ежегодно в области образуется порядка 1,5 млн т твердых бытовых отходов (ТБО). Все отходы в области в основном складировются на городских санкционированных и несанкционированных свалках, занимая огромные территории, загрязняя окружающую среду и ландшафт.

На сегодняшний день актуальным является решение проблемы утилизации и переработки образующихся отходов в области. Эту проблему решит новый полигон ТБО, строительство которого развернется в Красноармейском районе Челябинской области в 2014 году. На полигон будут поступать отходы промышленного центра области – города Челябинска и ближайших населенных пунктов области. Количество поступающих отходов на полигон составит около 1 млн т в год. В соответствии с современной концепцией развития Челябинской области на одной территории с полигоном расположится мусороперерабатывающий комплекс (МПК), на котором отходы будут сортироваться, а отдельные фракции перерабатываться. Кроме того, данный подход поможет увеличить срок службы полигона.

В Красноармейском районе в настоящее время нет достаточных свободных мощностей для энергоснабжения полигона ТБО и МПК, то есть нужен альтернативный вариант энергоснабжения данных потребителей. Одним из решений может быть строительство мини-ТЭЦ на базе когенерационных установок (КГУ), топливом для которой будет являться свалочный биогаз (СБ), образующийся в результате анаэробного разложения органической части ТБО. Основными его компонентами является метан (~50) и углекислый газ (~50) – парниковые газы.

СБ относится к возобновляемым нетрадиционным источникам энергии, так как ТБО является неисчерпаемым топливом до тех пор, пока существует человечество.

Комплексное строительство полигона ТБО и МПК направлено на создание экономически выгодного проекта с целью уменьшения экологической нагрузки на окружающую среду. Требуется исследовать возможность получения газообразного топлива при анаэробном разложении органической части отходов, с дальнейшей выработкой тепловой и электрической энергии на мини-ТЭЦ, для собственных нужд полигона ТБО и МПК.

Полигон ТБО со всеми административно-бытовыми помещениями и МПК нуждаются в электрической и тепловой энергии. Для питания электроприемников (дробилки, измельчители, конвейеры и т.п.), наружного и внутреннего освещения требуется электрическая энергия. Для горячего водоснабжения и отопления требуется тепловая энергия.

По расчету, сделанному на основании «Методики расчета количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твердых бытовых и промышленных отходов» [1], удельный выход биогаза за период его активной генерации при метановом брожении для Челябинской области:

$$Q = 10^{-6} R \cdot (100 - W) \cdot (0,92 \cdot Ж + 0,62 \cdot V + 0,34 \cdot Б) = 0,2044 \text{ кг/кг отходов,}$$

где R – содержание органической составляющей в отходах (70 %), W – влажность отходов (50 %), $Ж$ – содержание жироподобных веществ в органике отходов (2 %), V – содержание углеводородных веществ в органике отходов (83 %), $Б$ – содержание белковых веществ в органике отходов (15 %).

Количественный выход биогаза за год, отнесенный к одной тонне отходов:

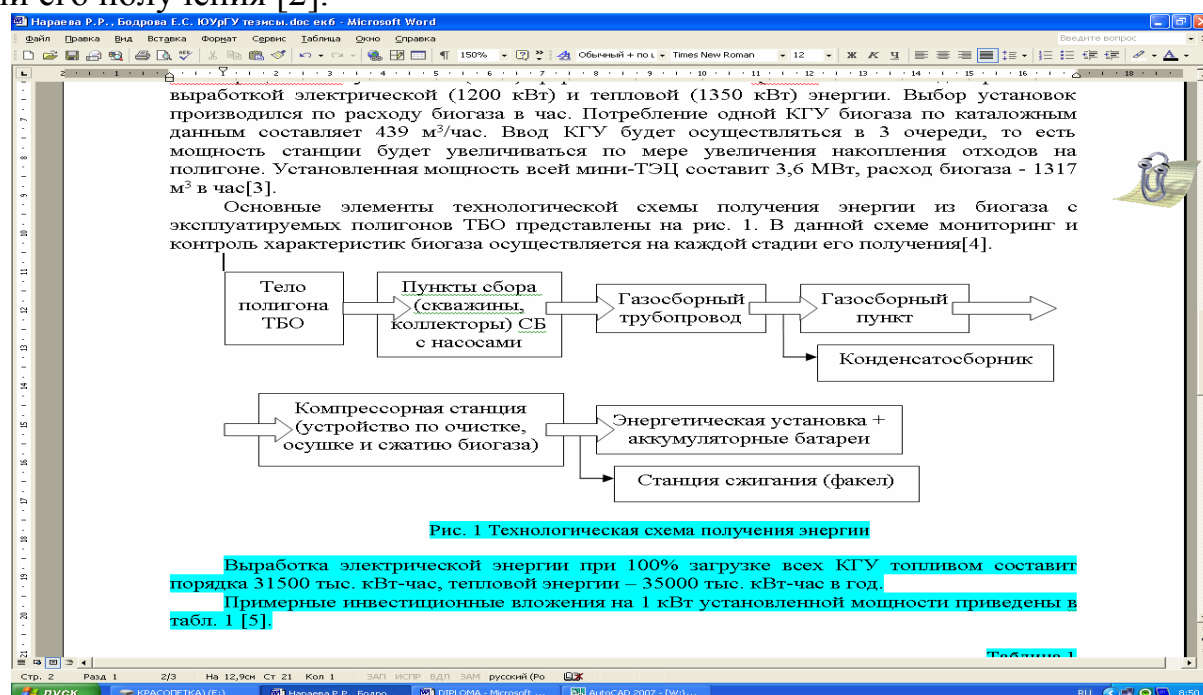
$$P_{уд} = \frac{Q}{t_{сбр}} = \frac{0,2044}{21,5} \cdot 10^3 = 9,5 \text{ кг/т отходов в год,}$$

где $t_{сбр}$ – период полного сбраживания органической части отходов, для Челябинской области равен 21,5 лет.

Средняя плотность свалочного биогаза равна $\rho_{сб} = 1,254 \text{ кг/м}^3$, то есть с 1 тонны отходов образуется $7,58 \text{ м}^3$ биогаза [2].

В результате расчетов количество СБ, выделившегося за период с начала эксплуатации полигона и в течение последующих 20 лет, составит более 1 млрд м^3 . В час образуется порядка $1\,500 \text{ м}^3$ биогаза.

Основные элементы технологической схемы получения энергии из биогаза с эксплуатируемых полигонов ТБО представлены на рисунке. В данной схеме мониторинг и контроль характеристик биогаза осуществляется на каждой стадии его получения [2].



Технологическая схема получения энергии

Для системы «Полигон ТБО-МПК» с учетом всего вышеописанного, самым рациональным решением будет строительство мини-ТЭЦ с установкой трех газопоршневых когенерационных установок (КГУ) фирмы TEDOM типа Quanto D1200 с одновременной выработкой электрической (1 200 кВт) и тепловой (1 350 кВт) энергии. Выбор установок производился по расходу биогаза в час. Потребление одной КГУ биогаза по каталожным данным составляет $439 \text{ м}^3/\text{ч}$ [3]. Ввод КГУ будет осуществляться в 3 очереди, то есть мощность станции будет увеличиваться по мере увеличения накопления отходов на полигоне. Установленная мощность всей мини-ТЭЦ составит 3,6 МВт, расход биогаза – $1\,317 \text{ м}^3$ в час. Тогда выработка электрической энергии при 100 % загрузке всех КГУ топливом составит порядка 31 500 тыс. кВт·ч, тепловой энергии – 35 000 тыс. кВт·ч в год.

Примерные инвестиционные вложения на 1 кВт установленной мощности приведены в таблице [4].

Инвестиционные вложения в основные компоненты системы

Компонент системы	Стоимость, долл. США/1 кВт
Система сбора	200-400
Система высасывания	200-300
Система утилизации	850-1200
Планирование и проектирование	250-350
Итого	1550-2250

Расчет окупаемости всей технологической части проекта составит около 6,8 лет, а себестоимости 1 кВт·ч электроэнергии будет находиться в пределах 1 рубля.

Собственная мини-ТЭЦ близка к потребителю, позволяет экономить ископаемое топливо и денежные средства на его приобретение и транспортировку, поставка электрической и тепловой энергии осуществляется в точно определенном объеме, обладает дешевой энергией по сравнению с покупаемой из сети (цена 1 кВт·ч электрической энергии для промышленных потребителей находится в районе 4 рублей).

Реализация данного проекта поможет решить критическую ситуацию, сложившуюся с утилизацией отходов в Челябинской области, улучшить экологическую обстановку (за счет снижения эмиссии парниковых газов), позволит получить дополнительную энергию для энергоснабжения полигона и МПК, даст толчок для дальнейшего развития возобновляемой энергетики в области.

Библиографический список

1. Методика расчета количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твердых бытовых и промышленных отходов URL: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/47/47223/index.php
2. Когенерация. TEDOM. URL: <http://kgu.tedom.com/>
3. Технологический регламент получения биогаза с полигонов ТБО. URL: http://www.biointernational.ru/sites/default/files/tekhnologicheskii_reglament_polucheniya_biogaza_s_poligonov_tverdykh_bytovy.pdf
4. Energy recovery from landfill gas in Denmark and worldwide. URL: <http://www.lei.lt/Opet/pdf/Willumsen.pdf>

СИСТЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ Г. РЕЙКЬЯВИКА КАК ПРИМЕР ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ

*Борисова О.В., Бабенко И.А., Вальцева А.И.
УрФУ, cielo10@yandex.ru*

Геотермальная энергетика – получение тепловой или электрической энергии за счет тепла земных глубин. Экономически эффективна в районах, где горячие воды приближены к поверхности земной коры. Извлечение геотермальной энергии приповерхностного грунта с помощью мелких скважин (из-за небольшой глубины залегания) не требует значительных капиталовложений, обеспечивая, тем не менее, путем нетрадиционного недропользования, широ-